

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРОВОЛОКИ\*

Гулин А.Е.

Полякова М.А., доцент, кандидат технических наук

Носков С.Е. (ОАО «Магнитогорский метизно-калибровочный завод «ММК-МЕТИЗ»)

ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

Целью любого производства является реализация технологического процесса, в котором происходят многократные преобразования исходного материала в готовый продукт. Эти преобразования осуществляются в результате реализации операций. Поэтому любой технологический процесс можно представить как техническую систему, элементами структуры которой являются операции [1,2]. При этом цель (система целей) определяет назначение системы как через конечное состояние, так и через промежуточное. Эта детерминированная последовательность состояний определяется поведением или функционированием системы. Реализация функции системы может быть достигнута только при вполне определенной организации системы. В свою очередь организация определяется через структуру, которая наряду с функцией является наиболее важным свойством системы.

Задача повышения эффективности технологического процесса часто может быть решена возможностью управления взаимодействием «инструмент - изделие», т.е. за счет конструирования системы с другим функциональным центром. От качества управления потоком энергии на конечном этапе зависит качество технологической операции в целом, и, следовательно, ее эффективность. Особенно это проявляется при совмещении операций, которое в целом упрощает структуру системы, но усложняет анализ связей в системе и процесс управления энергетическими потоками. Следует отметить, что совмещение операций происходит наиболее простым способом, когда для реализации каждой операции требуется энергетический поток одной физической природы и одного качества. Под качеством можно понимать, например, степень концентрации потока энергии, необходимой для выполнения каждой операции. Поэтому при конструировании технологии необходимо путем анализа подбирать операции, реализующиеся тождественными энергетическими потоками. Как правило, это трудная задача. Особенно при производстве и обработке традиционных изделий [3].

Производство изделий из металлов и сплавов включает целый ряд металлургических переделов, таких как литье, обработка металлов давлением (ОМД), процессы получения заготовок порошковых материалов (компактирование) и термообработка для формирования структуры и свойств изделий. Одной из основных тенденций развития металлургической отрасли является объединение процессов литья, обработки металлов давлением и термической обработки, которое привело к созданию новых процессов, повышающих эффективность производства изделий различного назначения. Это позволяет повысить производительность труда за счет исключения из технологического цикла многочисленных трудоемких и малопродуктивных операций, сократить производственные площади и межоперационные перевозки, использовать тепловую энергию, выделяющуюся при кристаллизации и деформации металла заготовки на последующих этапах обработки.

Многообразие появившихся в последнее время новых процессов для обработки металлов и сплавов ставит задачу классификации этих процессов с целью оценки их эффективности и применения для конкретных условий получения того или иного вида продукции. Причем, как правило, такие процессы имеют узконаправленное (специализированное) назначение, что в значительной степени усложняет решение задачи выбора технологии и оборудования для инженеров-технологов. В научно-технической и патентной литературе имеются различные названия, трактовки и подходы к классификации процессов обработки металлов, при этом широко используются термины «совмещенные», «комбинированные», «непрерывные» и т. п. Причем при анализе процессов литья, как правило, применяют термин «совмещенные» процессы, а при характеристике процессов ОМД - «комбинированные» [4].

Основным недостатком процессов осадки, прокатки и прессования является необходимость многократного уменьшения сечения исходной заготовки для проработки литой структуры, что приводит к большим рабочим нагрузкам и использованию мощного оборудования. Кроме того, указанные процессы характеризуются значительной неравномерностью распределения напряжений и деформаций и высоким уровнем истощения ресурса пластичности материала при пластической деформации. Следовательно, одной из задач, стоящих перед исследователями, является создание на основе базовых схем обработки металлов

---

\* Работа проведена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения (договор 13.G25.31.0061), АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2013 годы)» (проект 2.1.2/9277), а также ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2011 годы (гос. контракт П 983).

давлением и литья новых схем, которые не имели бы указанных недостатков.

Типовой технологический процесс обработки металлов является многооперационным и многопередельным и состоит из набора простых операций. При этом следует сказать, что, чем меньше площадь поперечного сечения изделия, тем необходимо большее количество операций. Так, например, для получения алюминиевой проволоки по традиционной технологии на металлургическом предприятии последовательно реализуется до 15-20 операций, как правило, разорванных во времени. Таким образом, в области производства изделий из цветных металлов и сплавов можно выделить простые и сложные (интегральные) процессы обработки.

Под простыми процессами понимают такие, которые включают один цикл обработки металла в одном очаге деформации (литья) без смены направления течения металла или приложения нагрузки. Интегральные процессы включают несколько воздействий (операций) в одном очаге деформации либо комбинацию их со сменой направления перемещения металла. Для классификации многообразия операций обработки цветных металлов и сплавов следует рассмотреть, каким образом при взаимодействии простых процессов образуется новый интегральный процесс,

обладающий уже новым комплексом свойств и, как правило, исключающий недостатки совмещаемых (комбинируемых) операций.

Базовым процессом назовем такой, при котором во время приложения нагрузки внешнее распределение силы и ее направление на поверхности очага пластической деформации (кристаллизации) не изменяется. Основными базовыми процессами для обработки металлов являются литье, прокатка, прессование, волочение, осадка, кручение, а также компактирование и термообработка. Тогда комбинированным процессом обработки (рис. 1) будем считать комбинацию двух и более базовых процессов, при которых происходит интегральное наложение нагрузок в одном очаге деформации, иногда и со сменой направления течения металла. Типовым примером такого комбинированного процесса [5] можно считать, например, прокатку — волочение, когда прокатка ведется с натяжением конца полосы. При этом в зависимости от величины натяжения прокатка - волочение (рис. 1, а) может в предельном случае превращаться в волочение - прокатку (рис. 1, б), когда удельный вес процесса вытягивания превалирует над процессом обжатия в валках.

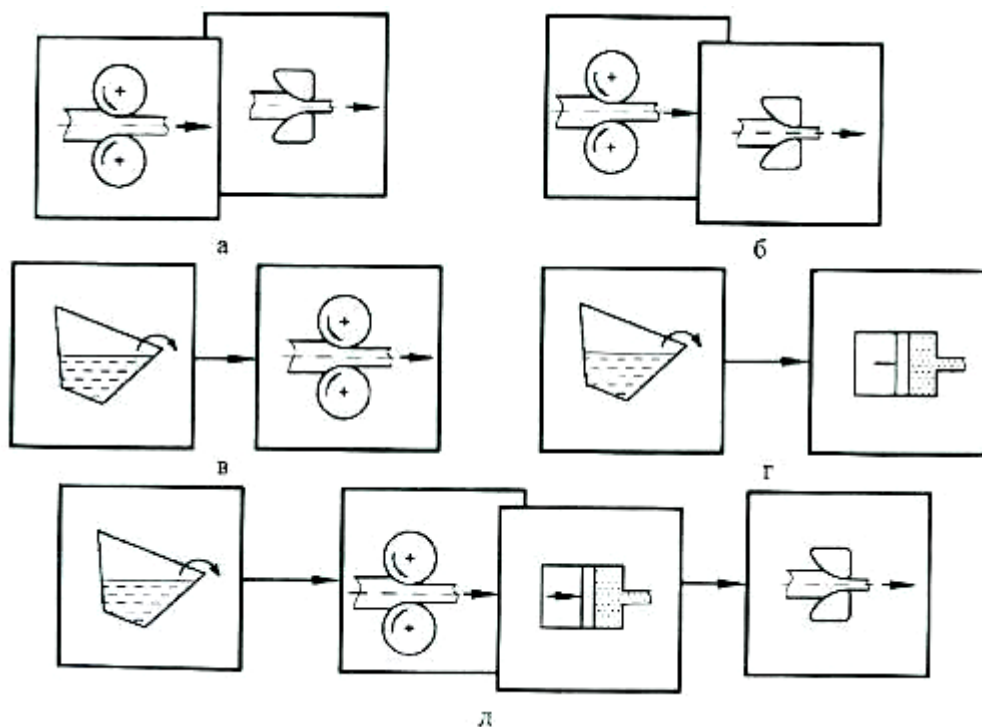


Рис. 1. Схемы комбинированных (а, б), совмещенных (в, г) и совмещенно-комбинированных (д) процессов обработки цветных металлов

Совмещенный процесс является более сложным и характеризуется разделением базовых процессов во времени или пространстве. Такими типовыми процессами считаются литье и прокатка (рис. 1, в) или литье и прессование, когда заготовку получают с помощью кристаллизатора, а затем прокатывают на непрерывном стане или подвергают непрерывному экструдированию. В

данном случае процессы обработки металла выстраиваются последовательно и только после окончания одного из них начинается следующий.

В последние годы наметилась тенденция к созданию совмещенно-комбинированных процессов, когда на каждом последовательном этапе обработки может применяться комбинированный процесс.

Примером реализации такого процесса может быть техническое решение, при котором на одной установке осуществляются одновременно операции литья - кристаллизации, прокатки — прессования, охлаждения и смотки готовых пресс-изделий в бухты (рис. 1, д) с калибровкой готового изделия на заданный диаметр.

В целом с использованием предлагаемого представления об интегральных процессах обработки

можно достаточно просто и точно их классифицировать. Следует отметить также, что в настоящее время они все более усложняются, становясь многофункциональными и непрерывными. При этом на привычные сочетания операций обработки металлов могут накладываться особые виды обработки, например, такие, как магнитно-импульсная, вибрационная, термомеханическая и др.



Рис. 2. Структурная схема процессов обработки металлов

В данной схеме приведены лишь некоторые виды обработки, которые в настоящее время находят практическое применение и являются, на наш взгляд, наиболее перспективными. При этом она может быть дополнена и усовершенствована при появлении новых разновидностей таких процессов [4].

Стальная проволока, как конструкционный материал, находит применение практически во всех отраслях промышленности.

Наряду с традиционными областями, проволоку начинают широко использовать в производстве композиционных материалов, например, в алюминиевых изделиях, армированных нержавеющей жаростойкой проволокой, конвейерных лентах, армированных сеткой из проволоки. Проволоку применяют при производстве светопроводящих кабелей в качестве армирующего материала, для подвески и подъема сооружений, в частности, подвесных мостов. Кабели и канаты используются при бурении скважин, в том числе нефтегазовых, содержащих сероводород.

В современных условиях потребитель предъявляет к проволоке целый комплекс порой уникальных требований, достижение которых вы-

звало необходимость создания большого количества разновидностей процесса волочения, внедрения новых технологических решений и оборудования.

Процессы наноструктурирования позволяют значительно модифицировать свойства сплавов без изменения их химического состава и являются одним из наиболее прогрессивных направлений повышения комплекса механических свойств конструкционных материалов. Однако достижение уникального сочетания особо высокой прочности и одновременно достаточной пластичности ультрамелкозернистых материалов требует разработки оригинальных способов их получения.

Так для получения УМЗ и наноструктуры металлов используют такие методы обработки металлов давлением, основанные на комбинировании процессов, как интенсивная пластическая деформация кручением под высоким давлением, РКУ-«конформ» прессование, винтовая экструзия, многократного изгиба и выпрямления полосы.

Главным недостатком этих методов является их дискретность, а следовательно невозможность включения в существующие

производственные линии. Созданы непрерывные методы ИПД, но они низкотехнологичны, требуют создания специального оборудования и оснастки, а также достаточно сложно встраиваются в существующие промышленные технологии производства металлических изделий.

В предыдущих исследованиях [6 - 8] был получен комплекс новых знаний о свойствах углеродистых конструкционных сталей марок 20 и 45 с ультрамелкозернистой структурой. Это позволило обосновать основные подходы к конструированию новых методов интенсивной пластической деформации. Разрабатываемый деформационный способ обработки должен адаптироваться к существующим технологическим схемам производства проволоки, обеспечивать поточность и массовую производительность.

Поскольку для формирования УМЗ структуры необходимо создать сложное НДС в процессе волочения [9], то мы рассматриваем возможность достижения этого за счет комбинирования его с процессом кручения, как с процессом, который совместим с промышленными скоростями производства проволоки.

Выполнен комплексный анализ наиболее эффективных способов деформационного наноструктурирования с точки зрения актуальности, эффективности и отсутствия возможности их применения в условиях массового производства. Причиной чего является дискретность большинства методов получения УМЗ структуры, а так же дорогостоящее специальное оборудование и оснастка.

Результатом научно-исследовательской работы, направленной на разработку нового метода ИПД получения проволоки с уникальным комплексом свойств, является уникальная лабораторная установка, обеспечивающая возможность совмещения процессов волочения и кручения проволоки. Проведены предварительные исследования, показавшие повышение прочностных свойств проволоки, что позволяет судить о перспективности данного метода. Дальнейшее исследование требует более глубокого анализа факторов,

влияющих на изменение механических характеристик материала.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хубка В. Теория технических систем. М.: Мир, 1987. 208 с.
2. Носков Е.П., Гун Г.С., Стеблянко В.Л. и др. Современные технологические процессы с использованием порошковых и слоистых материалов. Магнитогорск, 1993. 266 с.
3. Бахматов Ю.Ф., Носков Е.П., Голубчик Э.М., Полякова М.А., Хайкин С.Н. Конструирование совмещенных процессов в метизном производстве. Москва, 1994. 92 с.
4. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов. М: МАКС Пресс, 2005. 344 с.
5. Павлов И.М. Некоторые общие аспекты процессов обработки металлов давлением // Пластическая деформация неярдовых металлических материалов: сб. науч. ст. М.: Наука, 1976. С. 21-35.
6. Чукин М.В., Копцева Н.В., Валиев Р.З., Яковлева И.Л., Zmnik G., Covarik T. Дифракционный электронно-микроскопический анализ субмикрористаллической и нанокристаллической структуры конструкционных углеродистых сталей после равноканального углового прессования и последующего деформирования // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2008. - № 1. - С. 31 – 37.
7. Чукин М.В., Полякова М.А., Барышников М.П. особенности реологических свойств углеродистых конструкционных сталей марок 20 и 45 с объемной наноструктурой // Проблемы черной металлургии и материаловедения. ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина». - 2009. - №2. - С. 85-92.
8. Ефимова Ю.Ю., Копцева Н.В., Никитенко О.А. Исследование состояния карбидной фазы после наноструктурирования и последующего волочения низкоуглеродистой стали // Вестник МГТУ. - 2009. - №3. - С. 45 – 48.
- Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 398 с.